

PRVPATENT- OCH REGISTRERINGSVERKET
Patentavdelningen#2
21-01-2003
PCT/SE 03 / 0 0 0 1Intyg
Certificate

REC'D 28 JAN 2003

MIPC PCT

Härmed intygas att bifogade kopior överensstämmer med de handlingar som ursprungligen ingivits till Patent- och registreringsverket i nedannämnda ansökan.

This is to certify that the annexed is a true copy of the documents as originally filed with the Patent- and Registration Office in connection with the following patent application.



(71) Sökande ABB AB, Västerås SE
Applicant (s)

(21) Patentansökningsnummer 0200050-3
Patent application number

(86) Ingivningsdatum 2002-01-09
Date of filing

Stockholm, 2003-01-13

För Patent- och registreringsverket
For the Patent- and Registration Office

Lina Oljeqvist
Lina Oljeqvist

Avgift
Fee

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Ink. t. Patent- och ren. yrke

2002-01-09 1

Huvudföreläsaren Kessan

KN 8881 SE

2002-01-07/MB

5 Utrustning och förfarande för att i shuntkoppling utbyta effekt med ett elektriskt kraftnät samt användning av en sådan utrustning.

TEKNISKT OMRÅDE

10 Föreliggande uppfinning avser en utrustning för att i shuntkoppling utbyta effekt med ett elektriskt kraftnät, ett förfarande för detta ändamål, samt användning av en sådan utrustning för detta ändamål.

15 Utrustningen innefattar ett reaktivt impedanselement och en spänningsstyv strömriktare för anslutning sinsemellan i seriekoppling.

TEKNIKENS STÄNDPUNKT

20 Kompensering av reaktiva effektlöden i elektriska kraftnät sker konventionellt bland annat genom anslutning av reaktiva impedanselement, varmed i detta sammanhang avses induktorer och kondensatorer, i shuntkoppling till kraftnätet. Genom anslutning av en tyristorkopplare, väsentligen innefattande två tyristorventiler i antiparallellkoppling, i serie med en induktor, kan strömmen genom induktorn styras och därigenom även anordningens utbyte av reaktiv effekt med kraftnätet (Thyristor Controlled Reactor - TCR). På 25 likartat sätt kan kondensatorer medelst elkopplare, exempelvis tyristorkopplare, anslutas till respektive kopplas bort från kraftnätet varigenom den till kraftnätet tillförda reaktiva effekten kan styras i steg (Thyristor Switched Capacitor - TSC). Ofta förekommer också fasta kondensatorer i kombination med TCR och kombinationer av TSC och TCR, vilket möjliggör en kontinuerlig 30 styrning av det reaktiva effekttutbytet med kraftnätet.

35 Kondensatorer anslutna i shuntkoppling kommer framförallt till användning i industrinät för att kompensera den reaktiva effektförbrukningen i exempelvis stora asynkronmotorer. Andra typiska tillämpningar, där ofta en kombination av fasta kondensatorer och TCR är fördelaktig, är vid laster med kraftigt varierande reaktiv effektförbrukning, såsom exempelvis ljusbågsugnar.

Ink. t. - för att undgå

2002-01-09

2

Huvudfoxen

Det kan i vissa fall vara lämpligt att ansluta kompensationsutrustningen till industrinätet via transformator.

- 5 Genom tillkomsten av spänningestyva strömriktare (Voltage Source Converters - VSC) bestyckade med seriekopplade transistorer (IGBT) har det blivit möjligt att använda detta slag av strömriktare för förhållandevis höga spänningar. Styrning medelst pulsbreddsmodulering (PWM) tillåter en snabb styrning av den av strömriktarna alstrade spänningen. Strömriktare av detta slag utgör
- 10 därmed ett don som möjliggör en snabb styrning av en alstrad växelspänning till såväl amplitud som fasläge.

- Med strömriktaren ansluten till ett kraftnät med en viss grundtonsfrekvens, nominellt vanligen 50 eller 60 Hz, bringas den av strömriktaren alstrade
- 15 spänningen att innehålla dels en komponent av grundtonsfrekvensen, i det följande kallad grundtonsspänningen, men därutöver, på grund av pulsbreddsmoduleringen, också komponenter av andra frekvenser.

- I det följande beaktas dock endast grundtonsspänningen.
- 20

- Det är känt att ansluta en sådan spänningsstyv strömriktare till ett industrinät för att åstadkomma ett snabbt styrbart reaktivt effektutbyte med nätet - se exempelvis ABB Review 6/98 pp 21-30: SVC Light - A powerful tool for power quality improvement (Bo Bijlenga, Rolf Grünbaum, Thomas Johansson).
- 25

- Anslutningen av strömriktaren görs i dessa kända tillämpningar via fasinduktorer, som normalt dimensioneras så att de vid strömriktarens märkström tar upp ca 10 - 30 % av nätets nominella spänning av grundtonsfrekvens. Strömriktaren bringas att alstra en spänning vars grundtonskomponent till
- 30 frekvens och fasläge väsentligen överensstämmer med nätets spänning (för att täcka aktiva förluster i strömriktare och fasinduktorer måste fasläget avvika något från fasläget för nätets spänning, från detta bortses i detta principiella resonemang) och genom att variera den alstrade spänningens amplitud kan strömriktaren bringas att förbruka reaktiv effekt, om dess spänning har en
- 35 lägre amplitud än nätets, respektive alstra reaktiv effekt, om dess spänning har en högre amplitud än nätets. Då vid industrinät uppgiften normalt är att alstra

46 21 181386

Ink. t. Patent och reg.verket

2002 -01- 0 9

Huvudfaxen Kassen

3

reaktiv effekt kompletteras den spänningsstyva strömriktaren vanligen med en kondensator, eventuellt anslutningsbar i steg.

- 5 Strömriktaren får enligt denna teknik således dimensioneras för en spänning lika med nätets nominella spänning plus ett reglerområde för alstring av reaktiv effekt.

- 10 Ofta visar det sig emellertid att en sådan konfiguration leder till att strömriktaren inte kan utnyttjas fullt ut med avseende på sin kapacitet att leda ström och den blir alltså därmed överdimensionerad med avseende på ström. För att åstadkomma ett bättre utnyttjande av strömriktaren kan den då anslutas via en transformator, vilket förändrar förhållandet mellan ström och spänning i strömriktaren och därmed möjliggör ett bättre utnyttjande. Detta innebär emellertid ytterligare en komponent i anläggningen.

- 15 Induktorer anslutna i shuntkoppling används framförallt i högspända transmissionsnät med luftlinjer men också i transmissionsnät utförda med kablar, i det senare fallet även vid lägre spänningar.

- 20 Ändamålet med detta är framförallt att undertrycka överspänningar som kan uppstå i samband med omkopplingar i transmissionsnätet samt för att motverka spänningsstegringar längs en transmissionslinje vid låg belastning. Detta innebär å andra sidan att induktorn vid ökande belastning bidrar till ett icke önskvärt spänningsfall längs linjen.

- 25 Det är känt att använda en medelst en strömbrytare anslutningsbar induktor i kombination med en fast induktor för att vid varierande belastning motverka spänningsvariationer längs linjen. Denna styrning av det reaktiva effektutbytet med transmissionsnätet är dock diskontinuerlig och i jämförelse med de
- 30 nämnda överspänningarna förhållandevis långsam. I detta fall har den fasta induktorn till syfte att reducera överspänningar i samband med plötsliga spänningsstegringar orsakade exempelvis av kopplingsförlopp i kraftnätet. Den fasta induktorn kan utrustas med en tyristorkopplare av ovan i samband med TCR nämnt slag. En sådan lösning har emellertid en av tyristorkopplarens
- 35 funktionssätt begränsad reglerhastighet.

REDOGÖRELSE FÖR UPPFINNINGEN

5 Ett ändamål med uppfinningen är att åstadkomma en utrustning av inledningsvis angivet slag för användning i industrinät, vilken utan användning av transformator tillåter en förbättrad utnyttjning av strömriktaren, samt ett förfarande för detta ändamål.

10 Ett ytterligare ändamål med uppfinningen är att åstadkomma en utrustning av inledningsvis angivet slag för användning i högspända transmissionslinjer, vilken möjliggör en snabb och kontinuerlig styrning av effektutbytet med transmissionslinjen, samt ett förfarandet för detta ändamål.

15 Enligt uppfinningen åstadkommes dessa ändamål genom att den spänningsstyva strömriktaren dimensioneras för ett styrområde som begränsar amplituden av grundtonsspänningen till ett värde som är lägre än kraftnätets nominella spänning och innefattar alstring av en reaktiv komponent av grundtonsspänningen med ett fasläge som endera sammanfaller med fasläget för kraftnätets spänning eller som avviker med 180° elektriskt från fasläget för kraftnätets spänning.

20 I en fördelaktig vidareutveckling av uppfinningen innefattar strömriktarens styrområde därutöver alstring av en aktiv komponent av grundtonsspänningen med ett fasläge som avviker från fasläget för kraftnätets spänning med +90° elektriskt eller med -90° elektriskt och med en amplitud som
25 åstadkommer ett utbyte av aktiv effekt med kraftnätet.

30 I ytterligare en fördelaktig vidareutveckling innefattar utrustningen ett styrsystem för att i beroende av i kraftnätet avkända elektriska storheter styra den av strömriktaren alstrade grundtonsspänningen till amplitud och fasläge inom styrområdet, varvid styrsystemet innefattar ett signalbehandlande organ med en fasavancerande karakteristik i ett frekvensintervall omgivande frekvensen 8.8 Hz och medel för att bilda ett ledvärde för strömriktarens ström i beroende av en utsignal från nämnda signalbehandlande organ.

35 Ytterligare fördelaktiga vidareutvecklingar av uppfinningen framgår av nedanstående beskrivning och patentkrav.

FIGURBESKRIVNING

5 Uppfinningen skall närmare förklaras genom beskrivning av utföringsexempel under hänvisning till bifogade ritningar, vilka samtliga är schematiska och i form av enlinjediagram, diagram, och blockschemor, och i vilka

- 10 figur 1 visar en utrustning med en spänningstyv strömriktare och ett induktivt impedanselement för kompensering av reaktiv effekt enligt känd teknik,
- 15 figur 2 visar en utföringsform av uppfinningen med en spänningstyv strömriktare och ett kapacitivt impedanselement,
- figur 3 visar en utföringsform av uppfinningen med en spänningstyv strömriktare och ett induktivt impedanselement,
- 20 figur 4 visar ett samband mellan reaktiv effektförbrukning och av strömriktaren alstrad spänning vid en utföringsform av uppfinningen enligt figur 3,
- 25 figur 5 visar ytterligare en utföringsform av uppfinningen med en spänningstyv strömriktare och ett induktivt impedanselement,
- 30 figur 6 visar i ett visardiagram ett samband mellan kraftnätets spänning och av strömriktaren alstrad spänning vid en vidareutveckling av uppfinningen,
- figur 7A visar mera detaljerat en utföringsform av uppfinningen enligt figur 3, och
- 35 figur 7B visar detaljer av en utföringsform av ett styrsystem för en utföringsform av uppfinningen enligt figur 7A.

Ink. t. Patent- och reg.verket

6

2002-01-09

Huvudfaxen Kassen

BESKRIVNING AV UTFÖRINGSEXEMPEL

Den följande beskrivningen avser såväl förfarandet som anordningen.

5

Uppfinningen skall nedan förklaras med ett jämförande exempel på känd teknik.

10

Figur 1 visar huvudkretsarna i en trefasig utrustning för kompensering av reaktiv effekt utförd enligt känd teknik. Utrustningen innefattar en kondensatorbank C' och en spänningsstyv strömriktare VSC', anslutna till ett kraftnät N med en spänning U och med en grundtonsfrekvens (f). Kraftnätets nominella spänning kallas i det följande för U_n . Typiskt kan kraftnätet N utgöras av ett industrinät med en spänning 36 kV. Kondensatorbanken visas i detta sammanhang förenklat som en kondensator C' ansluten till kraftnätet via en filterinduktor Lf. I praktiken är dock vanligen kondensatorn C' fördelad på ett antal kondensatorer, var och en ansluten till kraftnätet via var sin filterinduktor för avstämning och filtrering av valda övertoner i kraftnätet.

15

20

Strömriktaren är ansluten till kraftnätet via fasinduktorer Lph. Genom kondensatorn C' flyter en ström I_C' och genom strömriktaren en ström I_S' . Spänningen på strömriktarens fasuttag betecknas med U_S' .

25

Som ovan nämnts beaktas i det följande endast komponenten av grundtonsfrekvens (nominellt vanligen 50 Hz eller 60 Hz) av strömmar och spänningar. Vidare uttrycks för enkelhets skull strömmar, spänningar och effekter på i och för sig känt sätt i per unit.

30

Antag att utrustningen skall kunna generera en reaktiv effekt som är kontinuerligt styrbar i området 0.5 - 1.0 per unit. Enligt känd teknik är då en föredragen dimensionering av de ingående komponenterna att kondensatorn C' skall generera en reaktiv effekt på 0.75 per unit vid en spänning på kraftnätet på 1.0 per unit. Följaktligen skall då det reaktiva effektlödet från strömriktaren VSC' och fasinduktorn Lph vara kontinuerligt styrbar inom intervallet ± 0.25 per unit, vilket är ekvivalent med att dessa komponenter vid en spänning på kraftnätet lika med 1.0 per unit skall genomflytas av en

35

ström IS' lika med ± 0.25 per unit. Antag att fasinduktorn Lph är dimensionerad så att vid strömmen 0.25 per unit spänningsfallet över denna uppgår till 0.20 per unit. Detta innebär att då strömriktaren skall alstra en reaktiv effekt på 0.25 per unit, dess spänning US' måste vara lika med

5 nätspänningen plus spänningsfallet över fasinduktorn, det vill säga lika med 1.20 per unit. Strömriktaren måste alltså dimensioneras för en spänning på 1.20 per unit och för en skenbar effekt lika med $1.20 \times 0.25 = 0.30$ per unit.

10 Det skall observeras att i detta fall den av strömriktaren alstrade spänningen har samma fasläge som nätspänningen U.

Enligt en utföringsform av uppfinningen som illustreras i figur 2 ansluts nu en spänningsstyv strömriktare VSC till kraftnätet N via en kondensator C och en filterinduktor Lf. Genom strömriktare och kondensator flyter en ström IC och

15 spänningen på strömriktarens fasuttag betecknas med US. I det följande försummas spänningsfallet av grundtonsfrekvens över filterinduktor Lf.

Med samma krav på kontinuerligt styrbar reaktiv effektalstring som i exemplet ovan dimensioneras kondensatorn C företrädesvis så att den vid strömmen IC

20 lika med 1.0 per unit alstrar en reaktiv effekt på 1.33 per unit. Kondensatorns impedans uttryckt i per unit är således 1.33 och vid strömmen IC lika med 1.0 per unit är följaktligen spänningen UC över kondensatorn lika med 1.33 per unit. Genom att styra strömriktarens grundtonsspänning till - 0.33 per unit kommer därmed strömmen IC att bli lika med 1.0 per unit, och genom att styra

25 strömriktarens grundtonsspänning till + 0.33 per unit blir strömmen IC lika med 0.5 per unit. Vid denna utföringsform av uppfinningen dimensioneras således strömriktaren för ett styrområde i spänningsamplitud på ± 0.33 per unit.

30 En jämförelse mellan den ovan beskrivna utrustningen enligt känd teknik och denna utföringsform av uppfinningen visar således att den ingående kondensatorn enligt känd teknik skall dimensioneras för en skenbar effekt på 0.75 per unit medan den enligt uppfinningen skall dimensioneras för en skenbar effekt på 1.33 per unit. Vad som emellertid ur ekonomisk synpunkt är

35 en fördel med uppfinningen är att strömriktaren enligt känd teknik måste dimensioneras för en spänning lika med 1.20 per unit medan den enligt

5 uppfinningen behöver dimensioneras endast för en spänning lika med 0.33 per unit. Detta innebär normalt att antalet seriekopplade halvledarkomponenter i strömriktaren kan reduceras. För att tillgodose behovet av strömkapacitet för strömriktaren behöver normalt endast en i och för sig tillgänglig komponent med lämplig strömhanteringsförmåga tillgripas.

10 Det skall observeras att vid denna utföringsform av uppfinningen den av strömriktaren alstrade grundtonsspänningen U_S har ett fasläge som endera sammanfaller med fasläget för kraftnätets spänning U eller som avviker med 180° elektriskt från fasläget för kraftnätets spänning (det bortses i detta principiella resonemang från att fasläget måste avvika något från de nämnda faslägena för att täcka aktiva förluster i utrustningen). Kondensatorn C dimensioneras för en spänning motsvarande nätspänningen plus den spänning som strömriktaren alstrar med motsatt fasläge i förhållande till nätspänningen.

15 Figur 3 visar en utföringsform av uppfinningen för konsumtion av reaktiv effekt. Skillnaden gentemot den med hänvisning till figur 2 beskrivna utföringsformen är att kondensatorbanken C och filterinduktorn L_f ersatts med en induktor LC , dimensionerad för en spänning motsvarande nätspänningen plus den spänning som strömriktaren alstrar med motsatt fasläge i förhållande till nätspänningen. Genom strömriktaren och induktorn flyter en ström I_L . I övrigt är funktionen för denna utföringsform av uppfinningen helt analog med vad som beskrivits i anslutning till figur 2.

25 Funktionen för den i figur 3 visade utföringsformen av uppfinningen illustreras ytterligare i figur 4, som på den horisontella axeln visar reaktiv effektförbrukning och på den vertikala axeln beloppet av den av strömriktaren alstrade grundtonsspänningen U_S . I området till vänster om den vertikala axeln har den av strömriktaren alstrade grundtonsspänningen fasläget $\phi = 0^\circ$ elektriskt i förhållande till nätspänningens fasläge, i området till höger om den vertikala axeln har den av strömriktaren alstrade spänningen fasläget $\phi = 180^\circ$ elektriskt i förhållande till nätspänningens fasläge. Med fet linje på den horisontella axeln illustreras hur den reaktiva effektförbrukningen varierar mellan ett minimalvärde Q_{\min} och ett maximalvärde Q_{\max} i beroende av
30 amplitud och fasläge för den av strömriktaren alstrade spänningen.
35

Ink. t. Patent och reg.verket

2007-01-09

Huvudfaxen Kasse

Speciellt när kraftnätet utgörs av en högspänd transmissionlinje, typiskt på en spänningsnivå i området 132 - 500 kV, är det önskvärt att åstadkomma en kontinuerlig och snabb styrning av en shunt-kopplad induktor. Detta kan med fördel åstadkommas genom att på analogt sätt som ovan i anslutning till

5 figurerna 2 och 3 beskrivits utnyttja en spänningsstyv strömriktare, varvid vid denna utföringsform av uppfinningen en transformator ansluts mellan induktor och strömriktare på det sätt som illustreras i figur 5.

Jämfört med den i anslutning till figur 3 beskrivna utrustningen innefattar den

10 i figur 5 visade därutöver en transformator T, ansluten mellan induktorn LC och strömriktaren VSC. Med en nominell spänning U_n på transmissionslinjen på 500 kV kan transformatorn företrädesvis utformas med en omsättningsförhållande 132/20 å 36 kV. I det tänkta fallet att ett förfarande analogt med det i

15 anslutning till figur 1 beskrivna skulle användas måste då strömriktaren anslutas via en transformator med omsättningsförhållande 500/20 å 36 kV. En sådan transformator är dyrare än en transformator dimensionerad för exempelvis en primärspänning på 132 kV. Med en utrustning och ett förfarande enligt uppfinningen erhålls således en påtaglig besparing i transformatorkostnad.

I de ovan beskrivna exemplen såväl på känd teknik som på utföringsformer av uppfinningen krävs att den av strömriktaren alstrade spänningen begränsas inom ett styrområde som ej åstadkommer en överbelastning i spänning av det reaktiva impedanselementet. För det i anslutning till figur 1 beskrivna

20 exemplet på känd teknik innebär detta principiellt att strömriktarens styrområde i amplitud skall begränsas till ett intervall 0.8 till 1.2 per unit med ett fasläge för den alstrade spänningen som har samma fasläge som kraftnätets

25 spänning. En amplitud lägre än 0.8 per unit eller, vid en amplitud på 0.8 per unit, en avvikelse från detta fasläge (fortfarande bortses i detta principiella resonemang från att fasläget måste avvika något från det nämnda fasläget för att täcka aktiva förluster i utrustningen) skulle innebära att spänningen över

30 fainduktorn L_{ph} då skulle överstiga 0.2 per unit.

För den i anslutning till figur 2 beskrivna utföringsformen av uppfinningen innebär detta principiellt att strömriktarens styrområde i amplitud skall

35 begränsas till 0.33 per unit men med ett fasläge på den alstrade grundtonsspänningen som innefattar ett fasläge som avviker med 180°

46 21 181386

Ink. t. Patent- och verk

2002-01-09

Huvudfaxen Kassan

10

- 5 elektriskt från fasläget för kraftnätets spänning. Vid ett fasläge som avviker med 180° elektriskt från fasläget för kraftnätets spänning och en amplitud större än 0.33 per unit skulle annars spänningen över kondensatorn C överstiga 1.33 per unit. Motsvarande resonemang gäller även för de i anslutning till figurerna 3 och 5 beskrivna utföringsformerna av uppfinningen.

I den ovanstående beskrivningen av utföringsformer av uppfinningen har förluster i de beskrivna utrustningarna ej beaktats.

- 10 Strömriktaren måste emellertid också alstra en viss aktiv effekt för att täcka resistiva förluster i utrustningarna. Detta åstadkommes på i och för sig känt sätt genom variation av den alstrade spänningens fasläge relativt nätspänningen till faslägen som är skilda från 0° elektriskt och 180° elektriskt. Den därmed förknippade energin täcks genom urladdning av likspännings-
- 15 kondensatorn, som därför är anordnad med en spänningsreglering för konstanthållning av dess likspänning. Den av strömriktaren alstrade spänningen kommer därför att innefatta dels en komposant med ett fasläge som sammanfaller med kraftnätets fasläge eller skiljer sig därifrån med 180° elektriskt, dels en komposant med ett fasläge som är skilt från fasläget för
- 20 kraftnätets spänning med 90° elektriskt.

- För en utrustning enligt uppfinningen skall således styrområdet för strömriktaren innefatta alstring av en spänning som har en komposant med ett fasläge som avviker med 180° elektriskt från fasläget för kraftnätets spänning.

- 25 Det är ett känt fenomen att effektpendlingar kan uppträda i transmissionslinjer och att med dessa förknippade pendlingar i transmissionslinjens spänning kan dämpas genom ett utbyte av reaktiv effekt med transmissionslinjen.

- 30 I en vidareutveckling av uppfinningen, speciellt fördelaktig vid den nämnda tillämpningen i industrinät, styrs den av strömriktaren alstrade grundtonsspänningen, på i och för sig känt sätt, även till faslägen som ligger i endera av intervallen 0° - 180° elektriskt och 180° - 360° elektriskt relativt nätspänningens fasläge, och då med en amplitud och en fasvinkel som utöver täckande av
- 35 förluster i utrustningen medger ett utbyte av aktiv effekt med kraftnätet.

En visarrepresentation av spänningsförhållande vid denna vidareutveckling av uppfinningen illustreras i figur 6 (för en utrustning enligt figur 5 med den av strömriktaren alstrade spänningen US transformerad till transformatorns högspänningssida). Skärningspunkten mellan den vertikala och den horisontella axeln utgör origo för en visarrepresentation av nätspänningen U och den horisontella axeln representerar nätspänningens fasläge. Nätspänningen och den av strömriktaren alstrade spänningen visas i figuren med en visare U respektive en visare US. Spänningen US har fasläget ϕ relativt nätspänningen. Spänningen UL över induktorn LC (figurerna 4 och 5) representeras i figuren av den vektoriella skillnaden mellan visaren U och visaren US. Cirkeln i figuren indikerar det styrområde A inom vilket den av strömriktaren alstrade spänningen kan styras till amplitud och fasläge.

Amplituden av den reaktiva komponenten av strömmen IL (figurerna 4 och 5), och därmed storleken av den reaktiva effekt som utbytes med kraftnätet, beror av grundtonsspänningens US reaktiva komponent USr längs den horisontella axeln. Det aktiva effektutbytet med kraftnätet beror av spänningens US aktiva komponent USa längs den vertikala axeln.

Genom styrning av strömriktarens spänning till ett godtyckligt fasläge i förhållande till kraftnätets spänning kan således såväl reaktiv som aktiv effekt utbytas med nätet.

Omfattningen av utbytet av aktiv effekt med kraftnätet bestäms av energilagringssförmågan i strömriktarens likspänningskrets. Denna likspänningskrets innefattar i allmänhet en kondensator CD (figurerna 1-3 och 5) och utifrån en given energi som skall utbytas med kraftnätet kan denna kondensator dimensioneras så att energiutbytet kan ske med en huvudsakligen bibehållen spänning. Kortvarigt kan emellertid spänningen över kondensatorn tillåtas variera typiskt i ett intervall 0.7 till 1.25 per unit. I avseende på lagrad energi kan kondensatorn CD typiskt dimensioneras så att den vid nominell aktiv ström urladdas från nominell spänning till noll spänning på 5 à 20 ms.

Så kallat flicker utgörs av spänningsvariationer i kraftnätet inom ett frekvensområde som är iakttagbart och störande för det mänskliga ögat vid av växelströmsnätet matad elektrisk belysning.

12

Ink. t. Patent- och reg.verket

2002 -01- 0 9

Huvudfaxen Kassen

5 För reduktion av flicker, som typiskt förekommer vid tillämpningar i industri-nät, har det visat sig fördelaktigt att utöver att kompensera spännings-variationerna medelst utbyte av reaktiv effekt med kraftnätet också införa ett transient utbyte av aktiv effekt på ovan beskrivet sätt.

10 Som ovan nämnts är likspänningskondensatorn anordnad med en spännings-reglering för konstanthållning av dess likspänning, och för att åstadkomma det nämnda transienta utbytet av aktiv effekt med kraftnätet för reduktion av flicker måste tillses att likspänningskondensatorns spänningsreglering ej väsentligt motverkar ingreppen från styrsystemet för reduktion av flicker.

15 En specificerad och standardiserad störningskurva, vägd i beroende av frekvensen, uppvisar ett maximum vid en frekvens ca 8.8 Hz, ett system för reduktion av flicker bör därför med fördel vara verksamt i ett intervall omkring denna frekvens.

20 Figur 7A visar mera i detalj en utrustning av i anslutning till figur 3 beskrivet slag. En strömbrytare CB1 och en med denna parallellkopplad avledare ZD är anslutna mellan jord och anslutningspunkten mellan induktorn LC och strömriktaren VSC. Vid uppstart av utrustningen, då strömbrytare CB1 är i slutet läge, kopplas induktorn LC till kraftnätet via en strömbrytare CB2, varpå strömbrytaren CB1 öppnas. För det fall likspänningskondensatorn CD då ej är uppladdad till huvudsakligen nominell spänning, exempelvis medelst en yttre
25 spänningskälla, kommer kondensatorn att laddas via de dioder som på känt sätt är anordnade i antiparallellkoppling med strömriktarens styrbara halvledarelement. Då likspänningskondensatorns spänning väsentligen uppnått sitt nominella värde deblockeras strömriktarens kontrollutrustning och strömriktaren bringas att alstra spänningen US. Under det nämnda laddnings-förloppet via strömriktarens dioder dras alltså under ett övergångsförlopp
30 aktiv effekt från nätet.

35 För det fall att strömriktaren måste blockeras, exempelvis på grund av ett inre fel inträffar under drift, kommer spänningen US initialt att öka på grund av att strömmen IL genom induktorn likriktas via de nämnda dioderna. Avledaren

ZD begränsar därvid spänningen US till tillåtna värden till dess brytaren CB1 via en icke visad skyddsutrustning slutes.

Alternativt eller som ett komplement kan en avledare anslutas över
5 likspänningskondensatorn CD (icke visat i figuren) för att begränsa dennas spänning. Som ett ytterligare alternativ i syfte att begränsa spänningen över likspänningskondensatorn kan en ytterligare strömriktare (icke visad i figuren) anslutas till kondensatorn för att från denna transmitta aktiv effekt till ett elektriskt kraftnät.

10 Strömmen IL mäts medelst ett strömmätdon MI1. Ett överordnat styrorgan 71 bildar på något i och för sig känt sätt, i beroende av i kraftnätet avkända elektriska storheter såsom ström och spänning och av icke visade ledvärden, ett ledvärde ILR för strömmen IL. I figur 7A exemplifieras detta såsom att
15 styrorganet 71 påförs ett värde på spänningen U, avkänt medelst ett spänningsmätdon MU.

20 Ledvärde ILR för strömmen IL och det avkända värdet på denna ström påförs ett differensbildande organ 72, och skillnaden påförs ett på i och för sig känt sätt utformat strömreglersystem 73. Strömreglersystemet bildar på något likaledes känt sätt ledvärden USR för strömriktarens tre fasspänningar. Ledvärdena USR påförs en moduleringsenhet 74, vilken i överensstämmelse med ett valt mönster för pulsbreddsmodulering bildar tändpulser Fp till strömriktarens styrbara halvledarelement.

25 För fackmannen kända anordningar i styrsystemet, såsom exempelvis för synkronisering av strömriktarens spänning med kraftnätets spänning till frekvens och till fasläge, visas inte i denna figur.

30 I figur 7B illustreras delar av ett i och för sig känt styrsystem för reduktion av flicker. Spänningen U och strömmen I avkänns i en punkt i kraftnätet N medelst spänningsmätdonet MU och ett strömmätdon MI2. De avkända värdena på ström och spänning påförs ett beräkningsorgan 75 som på något i och för sig känt sätt bildar värden $p(t)$ på aktiv effektförbrukning och $q(t)$ på reaktiv effektförbrukning vid mätpunkten.
35

Ett signalbehandlande organ 76 anordnas med en överföringsfunktion som gör styrsystemet verksamt i det för reduktion av flicker intressanta frekvensintervall. Företrädesvis anordnas organet 76 med en fasavancerande (deriverande) karakteristik i ett frekvensintervall kring frekvensen 8.8 Hz så att dess överföringsfunktion $H(s)$ innefattar en term av formen $H(s) = K(1 + sT_1)/(1 + sT_2)$, där s är Laplace-operatoren, K en förstärkningsfaktor och T_1 och T_2 , med $T_2 < T_1$, tidkonstanter svarande mot nämnda frekvensintervall.

Amplitudförstärkningen för organet 76 som funktion av frekvensen antyds i blocket 76 i figuren.

Det signalbehandlande organet 76 påförs värdet $p(t)$ och vidarebefordrar till det överordnade styrorganet 71 väsentligen de komponenter av det aktiva effektflödet som ligger inom det nämnda frekvensintervall. Det överordnade styrorganet 71 påförs också värdet $q(t)$ och bildar av de påförda värdena på något i och för sig känt sätt ledvärde ILR för strömmen IL. Det så bildade ledvärdet kommer således att innefatta en aktiv och en reaktiv komponent av strömmen IL och resultera i såväl en aktiv som en reaktiv komponent av grundtonsspänningen.

Uppfinningen är inte begränsad till de visade utföringsexemplen utan fackmannen kan givetvis modifiera den på ett flertal sätt inom den av patentkraven definierade uppfinningen.

Med en utrustning och ett förfarande enligt uppfinningen uppnås bland annat följande fördelar.

Vid transformatorlös anslutning av strömriktaren till det reaktiva impedans-elementet kan, jämfört med känd teknik, en strömriktare för lägre nominell spänning och motsvarande högre ström utnyttjas. Detta möjliggör en bättre utnyttjning av strömriktaren och därmed oftast en lägre installationskostnad för utrustningen.

För de fall där kraftnätets spänningsnivå kräver anslutning av strömriktaren till det reaktiva impedans-elementet via en transformator kan denna

transformator utföras för en primärspänning som är betydligt lägre än kraftnätets nominella spänning.

5 Vid i transmissionslinjer anordnade shuntinduktorer tillskapas en möjlighet för en snabb och kontinuerlig styrning av strömmen genom induktorn, vilken styrning kan utnyttjas för reduktion av överspänningar, orsakade exempelvis av omkopplingar i kraftnätet, dämpning av effektpendlingar i transmissionslinjen, och för spänningskontroll vid varierande effektöverföring i transmissionslinjen.

10

Befintliga shuntinduktorer kan enkelt kompletteras med en spänningsstyv strömriktare med ett styrområde enligt uppfinningen.

15

Vid den vidareutveckling av uppfinningen där strömriktarens styrområde även innefattar alstring av en aktiv komposant (U_{Sa}) av grundtonsspänningen med ett fasläge som avviker från fasläget för kraftnätets spänning med $+90^\circ$ elektriskt eller med -90° elektriskt och med en amplitud som åstadkommer ett utbyte av aktiv effekt med kraftnätet, kan utrustningen genom att på i och för sig känt sätt förses med ett lämpligt överordnat styrorgan utnyttjas för

20

dämpning av flicker genom ett transient utbyte av aktiv effekt med kraftnätet.

25

30

35

Ink. t. Patent- och reg.verket

16

2002-01-09

Huvudfaxen Kassar

PATENTKRAV

1. Utrustning för att i shuntkoppling utbyta effekt med ett elektriskt kraftnät (N), kraftnätet med en nominell spänning (U_n) av en grundtonsfrekvens (f) och ett givet fasläge, utrustningen innefattande ett reaktivt impedanselement (C, LC) och en spänningsstyv strömriktare (VSC) för anslutning sinsemellan i seriekoppling, strömriktaren för alstring av en grundtonsspänning (U_S) inom ett styrområde (A) som begränsar amplituden av den alstrade grundtonsspänningen, k ä n n e t e c k n a d av att strömriktarens styrområde begränsar amplituden av grundtonsspänningen till ett värde som är lägre än kraftnätets nominella spänning och innefattar alstring av en reaktiv komposant (U_{Sr}) av grundtonsspänningen med ett fasläge (ϕ) som endera sammanfaller med fasläget för kraftnätets spänning eller som avviker med 180° elektriskt från fasläget för kraftnätets spänning.
2. Utrustning enligt något av föregående patentkrav, k ä n n e t e c k n a d av att det reaktiva impedanselementet utgörs av en kondensator (C).
3. Utrustning enligt patentkraven 1, k ä n n e t e c k n a d av att det reaktiva impedanselementet utgörs av en induktor (LC).
4. Utrustning enligt patentkrav 3, k ä n n e t e c k n a d av att den innefattar en transformator (T) ansluten mellan induktorn och strömriktaren.
5. Utrustning enligt något av föregående patentkrav, k ä n n e t e c k n a d av att strömriktarens styrområde därutöver innefattar alstring av en aktiv komposant (U_{Sa}) av grundtonsspänningen med ett fasläge som avviker från fasläget för kraftnätets spänning med $+90^\circ$ elektriskt eller med -90° elektriskt och med en amplitud som åstadkommer ett utbyte av aktiv effekt med kraftnätet.
6. Utrustning enligt något av föregående patentkrav, k ä n n e t e c k n a d av att strömriktaren innefattar ett styrsystem (71-74) för att i beroende av i kraftnätet avkända elektriska storheter (U , I) styra den av strömriktaren alstrade grundtonsspänningen till amplitud och fasläge inom styrområdet,

7. Utrustning enligt patentkrav 6, k ä n n e t e c k n a d av att styrsystemet innefattar medel (71, 75-76) för att i beroende av en i kraftnätet avkänd spänningsvariation bilda ett ledvärde (ILR) för strömriktarens ström (IL) som resulterar i såväl en aktiv som en reaktiv komponent av grundtonsspänningen.

5

8. Utrustning enligt patentkrav 7, k ä n n e t e c k n a d av att nämnda medel i styrsystemet innefattar medel (75) för att i beroende av en avkänd ström (I) och en avkänd spänning (U) i kraftnätet bilda ett värde $p(t)$ på aktivt effektlöde i kraftnätet, ett signalbehandlande organ (76) med en fasavancerande karakteristik i ett frekvensintervall omgivande frekvensen 8.8 Hz som påförs nämnda värde på aktivt effektlöde i kraftnätet, och medel (71) för att bilda ledvärdet för strömriktarens ström i beroende av en utsignal från nämnda signalbehandlande organ.

10

9. Förfarande för att i shuntkoppling utbyta effekt med ett elektriskt kraftnät (N) med en nominell spänning (U_n) av en grundtonsfrekvens (f) och ett givet fasläge, varvid

15

ett reaktivt impedanselement (C, LC) och en spänningsstyv strömriktare (VSC) ansluts till varandra i seriekoppling och i shuntkoppling till kraftnätet, och varvid strömriktaren alstrar en grundtonsspänning (U_S) inom ett styrområde (A) som begränsar amplituden av den alstrade grundtons-spänningen, k ä n n e t e c k n a t av

20

att strömriktarens styrområde väljes så att den alstrade grundtonsspänningen till sin amplitud är lägre än kraftnätets nominella spänning, och innefattar alstring av en reaktiv komponent (U_{Sr}) av grundtonsspänningen med ett fasläge (ϕ) som endera sammanfaller med fasläget för kraftnätets spänning eller som avviker med 180° elektriskt från fasläget för kraftnätets spänning,

25

varvid ett reaktivt effekttutbyte med kraftnätet åstadkommes genom att den av strömriktaren alstrade grundtonsspänningen styrs inom styrområdet.

30

10. Förfarande enligt patentkrav 9, k ä n n e t e c k n a t av

att strömriktarens styrområde väljes så att det därutöver innefattar alstring av en aktiv komponent (U_{Sa}) av grundtonsspänningen med ett fasläge som avviker från fasläget för kraftnätets spänning med $+90^\circ$ elektriskt eller med -90° elektriskt,

35

varvid ett aktivt effektutbyte med kraftnätet åstadkommes genom att den av strömriktaren alstrade spänningen till sin amplitud styrs inom styrområdet och till ett fasläge som avviker från fasläget för kraftnätets spänning med $+90^\circ$ elektriskt eller med -90° elektriskt.

5

11. Förfarande enligt patentkrav 9, varvid strömriktaren innefattar ett styrsystem (71-74) för att i beroende av i kraftnätet avkända elektriska storheter (U , I) styra den av strömriktaren alstrade grundtonsspänningen till amplitud och fasläge inom styrområdet, k ä n n e t e c k n a t a v

10

att ett värde ($p(t)$) på aktivt effektförbrukning i kraftnätet,

att nämnda värde på aktivt effektförbrukning i kraftnätet påförs ett signalbehandlande organ (76) med en fasavancerande karakteristik i ett frekvensintervall omgivande frekvensen 8.8 Hz, och

15

att ett ledvärde (ILR) för strömriktarens ström (IL) bildas i beroende av en utsignal från nämnda signalbehandlande organ, vilket ledvärde resulterar i en aktiv komponent av den av strömriktaren alstrade grundtonsspänningen.

20

12. Användning av en utrustning enligt patentkrav 1 för utbyte av reaktiv effekt med ett elektriskt kraftnät.

25

13. Användning av en utrustning enligt något av patentkraven 3 och 4 i transmissionslinjer för reduktion av överspänningar, för dämpning av effektpendlingar, och för spänningskontroll vid varierande effektöverföring i transmissionslinjen.

30

14. Användning av en utrustning enligt patentkrav 8 för utbyte av aktiv effekt med ett kraftnät för reduktion av flicker.

35

40

Ink. t. Patent- och reg.verket

19

2002-01-09

Huvudfaxen Kassen

KN 8881 SE

2002-01-07/MB

SAMMANDRAG

5

En utrustning för att i shuntkoppling utbyta effekt med ett elektriskt kraftnät (N) innefattar ett reaktivt impedanselement (C, LC) och en spänningsstyv strömriktare (VSC) för anslutning sinsemellan i seriekoppling. Kraftnätet har en nominell spänning (U_n) av en grundtonsfrekvens (f) och ett givet fasläge.

- 10 Strömriktaren är avsedd för alstring av en grundtonsspänning (U_S) inom ett styrområde (A) som begränsar amplituden av den alstrade grundtonsspänningen. Styrområde begränsar amplituden av grundtonsspänningen till ett värde som är lägre än kraftnätets nominella spänning och innefattar alstring av en reaktiv komposant (U_{Sr}) av grundtonsspänningen med ett fasläge (ϕ) som
- 15 endera sammanfaller med fasläget för kraftnätets spänning eller som avviker med 180° elektriskt från fasläget för kraftnätets spänning. (fig 3)

P
O
S
T
S
T
A
M
M
A
N
D
R
A
G

1 / 3

Ink. t. Patent- och reg.verket

2002 -01- 09

Huvudfaxen Kassen

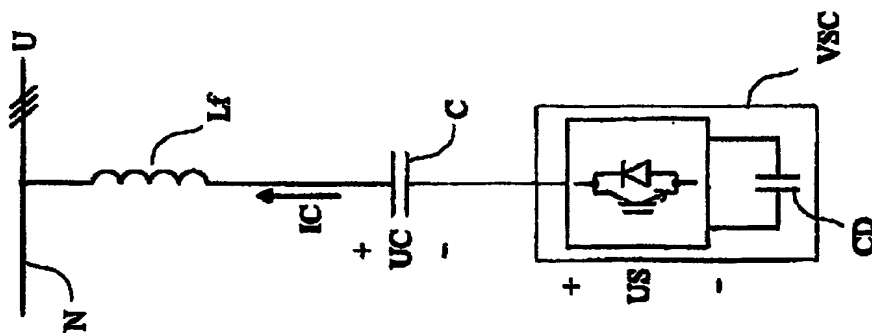


FIG 2

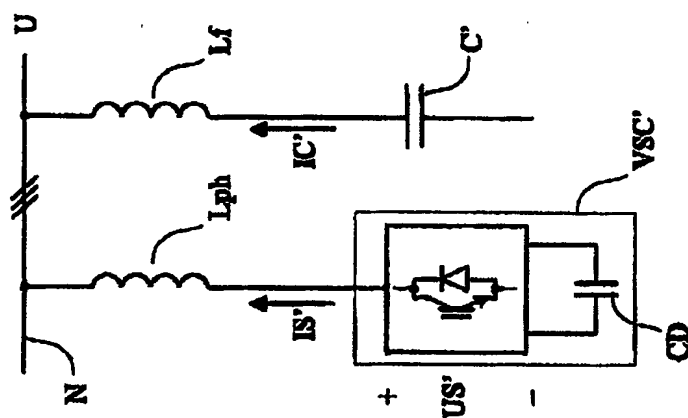
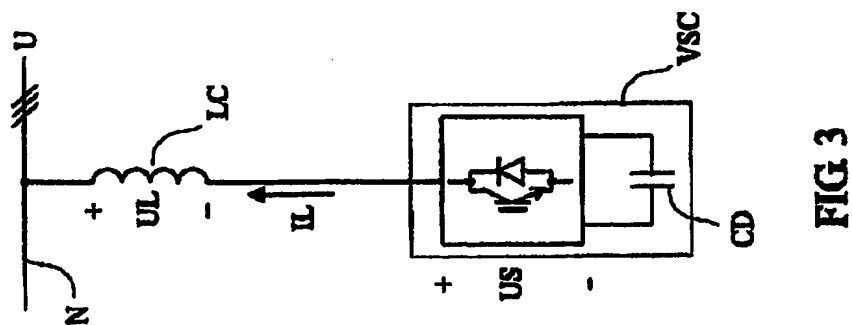
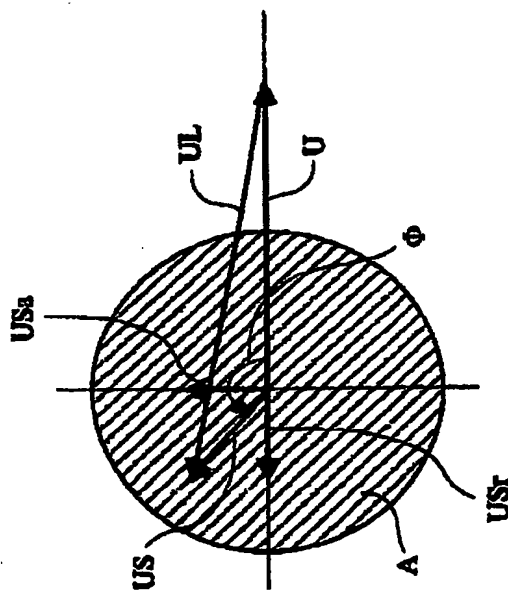
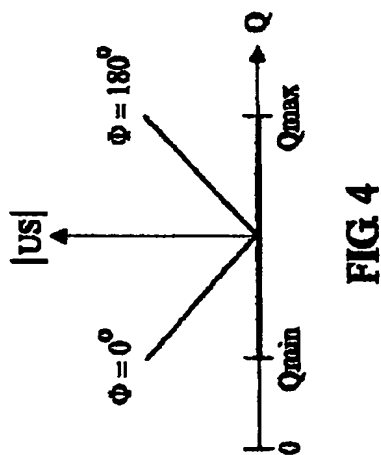
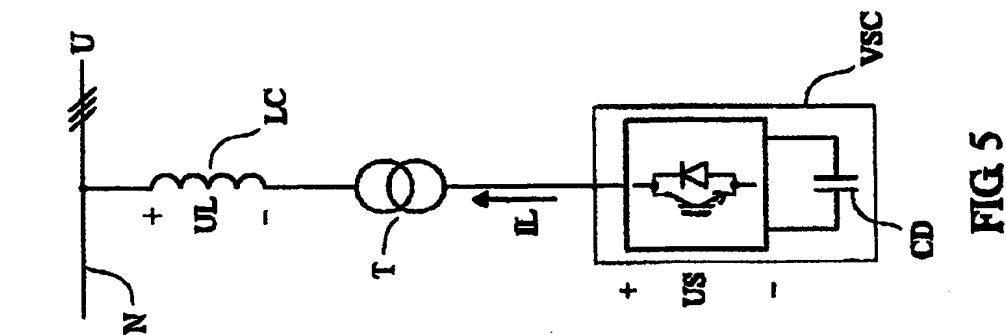


FIG 1

02000050-0



Ink. t. Patentn. reg.verket

2002-01-09

Huvudfaxen Kassen

3 / 3

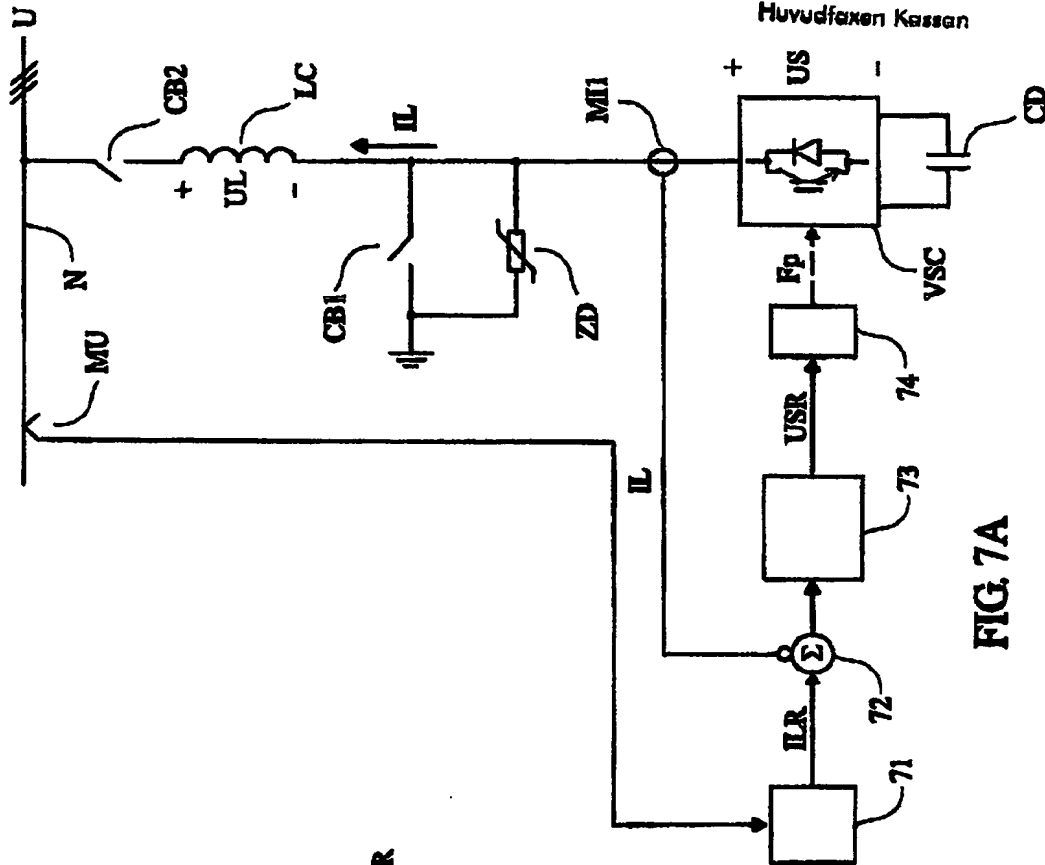


FIG. 7A

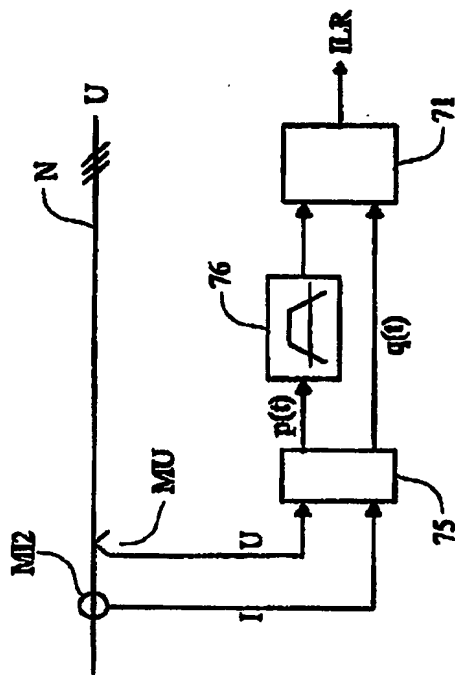


FIG. 7B

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.